نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۴ شماره ۳ / پاییز ۱۴۰۳/ صفحات ۲۹۴-۲۷۵

Improvement of Physiological Indices of Growth and Root Yield of sugar beet through Seed Hydropriming and Foliar Application of humic acid under Delayed Planting Conditions

Ali Sarkhosh[1], Mohammad Ali Aboutalebian[2*], Hamed Mansouri[3]

Received: 11 May 2023 Accepted: 22 September 2023
1- Ph.D Student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2-Assoc. Prof., Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
3- Scientific Staff of Sugar Beet Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center
*Corresponding Author Email: m.aboutalebian@basu.ac.ir

Abstract

Background & Objective: This study was conducted with the aim of investigating the interaction of planting date, hydropriming of seeds and humic acid foliar application on the growth physiological indices and root yield of sugar beet.

Materials & Methods: The research was conducted as a split plot factorial based on a randomized complete block design with three replications. The main factor was planting dates (March 25, April 8 and 22, May 6) and hydropriming (primed and unprimed) and humic acid (water and humic acid spray) were factorially placed in sub-plots.

Results: The effect of planting date, hydropriming and humic acid foliar were significant on the growth indices and root yield. Planting date had the greatest effect and the highest maximums of leaf area index and crop growth rate, net assimilation rate, relative growth rate and root yield were related to March 25th planting date and the lowest were obtained on May 6th planting date. On the last planting date, hydropriming alone caused an increase of 17.5% and 24.4% relative growth rate and tuber yield, respectively, compared to the treatment water spraying without hydropriming.

Conclusion: If both seed hydropriming and humic acid foliar spraying are done at the same time, it will increase plant growth indices and improve root yield. In case of a 6-week delay in planting (planting on May 6), separate application of hydropriming is preferable to spraying humic acid, and their combination use can completely compensate for the effects of a 2-week delay in planting.

Keywords: Crop Growth Rate, Leaf Area Index, Net Assimilation Rate, Total Dry Matter, Relative Growth Rate, Root Yield

DOI: 10.22034/saps.2023.56557.3044

بهبود شاخص های فیزیولوژیکی رشد و عملکرد ریشه چغندرقند از طریق هیدروپرایمینگ بذر و محلول پاشی اسید هیومیک در شرایط تاخیر کاشت

علی سرخوش[۱] ، محمد علی ابوطالبیان *[۲]، حامد منصوری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۳۱

۱- دانشجوی دکترای اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
۲- دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
۳- عضو هیات علمی بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
*مسئول مکاتبه: Email: m.aboutalebian@basu.ac.ir

چکیده

اهداف: پژوهش حاضر با هدف بررسی برهمکنش تاریخ کاشت، هیدروپرایمینگ بذر و محلول پاشی اسید هیومیک بر شاخص های رشد و عملکرد چغندرقند انجام گردید.

مواد و روش ها: این پژوهش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل اجرا شد. عامل اصلی چهار تاریخ کشت ۵ و ۱۹ فروردین، ۲ و ۱۶ اردیبهشت ۱۴۰۰ و عوامل هیدروپرایمینگ (پرایم شده و پرایم نشده) و محلول پاشی اسید هیومیک (اسپری آب و محلول پاشی ۶ در هزار) بصورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار داده شدند.

یافته ها: تاثیر تاریخ کاشت، هیدروپرایمینگ و محلول پاشی اسید هیومیک بر شاخص های رشد و عملکرد چغندرقند مثبت و معنی‌دار بود. تاریخ کاشت بیشترین تاثیر را داشت و بیشترین بیشینه‌های شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص، سرعت رشد نسبی و عملکرد ریشه مربوط به تاریخ کاشت پنجم فروردین بود و کمترین آنها در تاریخ کاشت شانزدهم اردیبهشت بدست آمد. در تاریخ کشت آخر، هیدروپرایمینگ به تنهایی به‌ترتیب سبب افزایش ۱۷/۵ و ۲۴/۴ درصدی سرعت رشد نسبی و عملکرد غده نسبت به تیمار اسپری آب بدون هیدروپرایمینگ گردید.

نتایج: اگر هر دو تیمار هیدروپرایمینگ و محلول پاشی اسید هیومیک همراه با هم انجام شود، سبب افزایش رشد بوته و بهبود شاخص های رشد و عملکرد غده می شود. در صورت تاخیر ۶ هفته ای کاشت (کشت ۱۶ اردیبهشت) کاربرد جداگانه هیدروپرایمینگ بر محلول پاشی اسید هیومیک ارجحیت دارد و مصرف همراه با هم آنها می تواند عوارض تاخیر کاشت دو هفته ای را کامل جبران کند.

واژه های کلیدی: کل ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت جذب خالص، سرعت رشد نسبی، عملکرد ریشه

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) یک محصول ریشه ای تجاری مهم است که تقریباً ۲۰ درصد از تولید جهانی شکر را تأمین می کند (پوگلیسی و همکاران ۲۰۲۰). در سال ۲۰۲۰ تولید چغندر قند در جهان حدود ۲۵۳ میلیون تن بوده و کشور روسیه با تولید ۳۴ میلیون تن بزرگترین تولید کننده این محصول و ایران با تولید ۶/۵ میلیون تن، یازدهمین تولید کننده این محصول در جهان بوده است (فائو ۲۰۲۰). در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ محصول چغندر قند سومین محصول زراعی آبی در ایران با سطح کشتی بالغ بر ۱۲۰ هزار هکتار بوده که ۹/۹ درصد از کل تولید محصولات زراعی آبی کشور را شامل شده و استان آذر بایجان غربی بالاترین میزان سطح کشت و تولید این محصول را دارا بوده و استان همدان با سطح زیر کشت ۸۳۱۷ هکتار ششمین استان از نظر سطح زیر کشت و تولید این محصول بوده است. سطح زیر کشت این محصول در شهرستان اسدآباد حدود ۲۴۹۵ هکتار و با میانگین تولید ۷۱۲۳۱ کیلوگرم عملکرد ریشه در سال ۱۴۰۰ اعلام شده است (وزارت جهاد کشاورزی ۲۰۲۰). در شرایط محیطی خشک، تاریخ کاشت مناسب چغندرقند نقش حیاتی در رشد، تولید، صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دارد. گزارش شده است که کاشت زودهنگام چغندرقند باعث تولید بالاترین عملکرد ریشه می شود (گوباره و همکاران ۲۰۱۹). مشخص شده است که شاخص سطح برگ چغندرقند در تاریخ کاشت اول اردیبهشت بالاتر از تاریخ کاشت سوم خرداد بوده و عملکرد ماده خشک کل در تاریخ کاشت زودتر به طور معنی داری بیشتر از تاریخ کاشت تأخیری بود. بنابراین، مراحل رشد در تاریخ کاشت زودتر نسبت به تاریخ کاشت تأخیری از انطباق بهتری با تغییرات فصلی تابش خورشید و دما برخوردار است (سلیمانی و همکاران ۲۰۰۳). هافمن(۲۰۱۹) بیان داشت زمان لازم جهت دریافت واحدهای گرمائی مورد نیاز جهت رسیدن به شاخص سطح برگ مطلوب در تاریخ کاشت زودتر، نسبت به تاریخ کاشت تاخیری بیشتر بود. مقداد و همکاران(۲۰۲۱) با کاشت چغندر قند در تاریخ های اول سپتامبر و اول اکتبر نشان دادند که کاشت زودهنگام (اول سپتامبر) منجر به بهبود قابل توجهی در تمام صفات فیزیولوژیکی و رشد گیاه نسبت به کاشت تاخیری(اول اکتبر) شد.

فرآیند جوانه‌زنی یک مرحله حساس برای رشد گیاه است و به شدت با کیفیت بذر مرتبط است (رحمان و همکاران ۲۰۱۵). متأسفانه، بهره‌وری بذر چغندرقند اغلب به دلیل جوانه‌زنی ناهمگن در مزرعه، احتمالاً به دلیل وجود مواد بازدارنده در پریکارپ بذر و همچنین حملات عوامل بیماری‌زا، محدود می‌شود (دوتو و سیلویا ۲۰۱۷). تأثیرات محیطی مانند دمای پایین خاک یا سله بستن سطح خاک معمولاً ظهور گیاهچه و رشد سریع گیاهچه را کاهش می دهد و چغندرقند برای توسعه مطلوب در مزرعه، به سبز شدن و استقرار سریع و همگن نیاز دارد (بزهین و همکاران ۲۰۱۸). پرایمینگ بذر به عنوان یک تکنیک پیش از کاشت می‌تواند خروج ریشه چه، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص ویگور گیاهچه، استقرار و عملکرد گیاه را با تغییر در فعالیت‌های متابولیکی در بذر بسیاری از محصولات کشاورزی بهبود بخشد (موسوی کیا و همکاران ۲۰۲۰). هنگامی که بذر پرایم شده در محیط مناسب جوانه زنی قرار میگیرد، سریعتر از بذرهای پرایم نشده جوانه می زند (لی مایر و همکاران ۲۰۰۸). در طی پرایمینگ، بذرها یک فرآیند فیزیولوژیکی را طی می کنند، یعنی هیدراتاسیون و خشک شدن کنترل شده که منجر به افزایش و بهبود فرآیند متابولیک جوانه زنی می شود(داوود ۲۰۱۸). پرایمینگ بذر از طریق افزایش فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدانت از قبیل گلوتاتیون و آسکوربات، فعالیت پراکسیداسیون لیپید را طی جوانه زنی کاهش داده و باعث افزایش شاخص های جوانه زنی و رشد گیاهچه و عملکرد ریشه چغندر قند در شرایط شوری میشوند. محققین اعلام کردند، پرایمینگ بذر میتواند راهکار مفیدی جهت بهبود رشد اولیه و عملکرد چغندر قند در شرایط محیطی نرمال (بدون تنش) و تنش شود (پدرام و همکاران ۲۰۱۷). فرج زاده معماری تبریزی و قطبی(۲۰۱۷) اعلام کردند پرایمینگ بذر چغندر قند باعث بهبود در سرعت جوانه

زنی، درصد جوانه زنی و شاخص سطح برگ و افزایش مقدار جیبرلین و درنتیجه بهبود فعالیت آلفا آمیلاز شده و آن را از مهمترین دلایل افزایش رشد و عملکرد چغندرقند دانستند.

مواد هیومیکی (HS) ترکیبات طبیعی، پیچیده و ناهمگنی از ترکیبات آلی چند گانه هستند. مواد هیومیکی در نتیجه فرایند هیومیفیکاسیون[1] تشکیل می شوند که دومین فرآیند آلی بزرگ روی زمین پس از فتوسنتز است که شامل واکنش های بیوشیمیایی و شیمیایی است که در طی پوسیدگی و تبدیل بقایای گیاهی و میکروبی رخ می دهد (شارما و آنتا ۲۰۱۶). از اثرات فیزیولوژیکی مواد هیومیک می توان به ایجاد کلوئیدهای هیومیک (کایا و همکاران ۲۰۱۸ و الحسنین و همکاران ۲۰۱۶)، ارتقاء جذب یون با واسطه سنتز و عملکرد پروتئین های غشایی به ویژه پمپ های پروتون(آزودو و همکاران ۲۰۱۹)، تغییر در تعادل یون‌ها (راموس و همکاران ۲۰۱۵)، جلوگیری از استرس اکسیداتیو (گارسیا و همکاران ۲۰۱۲)، کاهش غلظت H_2O_2، افزایش سطح پرولین سلولی (گارسیا و همکاران ۲۰۱۶)، افزایش رشد سلولی (آگویار و همکاران ۲۰۱۸) و در نهایت افزایش عملکرد (کانلاس و همکاران ۲۰۱۹) اشاره کرد. تاثیر مثبت و معنی دار کاربرد خاکی، محلول پاشی و پرایم بذر با اسید هیومیک درلوبیا گزارش شده است (واگاس و همکاران ۲۰۱۴). محلول پاشی اسید هیومیک منجر به افزایش محصول پیاز و قندهای محلول آن گردید(کندیل و همکاران ۲۰۱۳). گزارش شده محلول پاشی اسید هیومیک از نظر آماری باعث بهبود تجمع ساکارز، قند قابل استحصال، خلوص، درصد استخراج قند و عملکرد چغندرقند گردید (الحسنین و همکاران ۲۰۱۶). در تحقیقی روی چغندرقند گزارش شد که کاربرد چهار سطح مختلف اسید هیومیک به میزان ۲، ۴ و ۶ کیلوگرم در هکتاربه صورت محلول‌پاشی در سه مرحله چهار، هشت (پس از وجین) و شانزده برگی (پس از دومین خاکدهی) بیشترین شاخص سطح برگ و عملکرد ریشه در غلظت شش لیتر در هکتاراسید هیومیک و کمترین میزان آن در شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک مشاهده شد (اسماعیلی و تدین ۲۰۱۹). نتایج تحقیقی دیگر نشان داد که کوددهی چغندرقند با ۷/۵ کیلوگرم هومات پتاسیم منجر به مقادیر بالاتر شاخص سطح برگ، رنگدانه‌های فتوسنتزی، قطر ریشه، وزن تر و عملکرد ریشه گردید (هیتام و همکاران ۲۰۲۱).

از آنجا که خلاء عملکرد چغندرقند در ایران حدود ۴۵ درصد برآورد شده است (محمد زاده و همکاران ۲۰۲۱) به نظر می رسد استفاده از تکنیک های ساده و کم هزینه ای همچون هیدروپرایمینگ بذر، انتخاب بهترین زمان کاشت و محلول پاشی اسید هیومیک باعث بهبود شاخص های فیزیولوژیکی رشد چغندر قند و در نهایت تولید عملکرد ریشه بیشتر با کاربرد نهاده های زراعی مناسب باشد که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه پرایمینگ بذر و محلول پاشی اسید هیومیک بر برخی شاخص های فیزیولوژیک رشد و عملکرد چغندر قند در تاریخ های مختلف کاشت، آزمایشی به صورت بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در شهرستان اسدآباد با مختصات جفرافیائی "۲۴ '۴۶ °۳۴ عرض شمالی و "۳۰ '۰۴ °۴۸ طول شرقی در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. عامل اصلی چهار تاریخ کشت ۵ و ۱۹ فروردین، ۲ و ۱۶ اردیبهشت ۱۴۰۰ بود و عوامل هیدروپرایمینگ (در دو سطح بذور هیدرو پرایم شده و پرایم نشده) و محلول پاشی اسید هیومیک (در دو سطح محلول پاشی ۶ در هزار اسید هیومیک و اسپری آب معمولی) بصورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی منظور شدند. محلول پاشی طی دو مرحله ۶-۴ برگی (مرحله رشد برگی مطابق با کد ۱۵) و زمانی که کانوپی ۳۰-۲۰ درصد سطح زمین را پوشانده بود (مرحله پوشش رزت مطابق با کد ۳۳) بر اساس مقیاس BBCH[2] انجام شد (سینار و اونای رقم مورد استفاده در این طرح دوروتی بود که از کارخانه قند هکمتان همدان تهیه شد. مبدا این رقم کشور فرانسه است و تولید شرکت سینجنتا می‌باشد که در سال

[1] -Humification

[2] - Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical industry

۱۳۷۹ معرفی شده است. دارای تیپ رشد بهاره، با عملکرد ریشه و عیار بالا بوده و مقاوم به رایزومانیا، رایزوکتونیا و خشکی می‌باشد. رقم دوروتی با رشد و توسعه مطلوب و برداشت آسان به دلیل ریشه مخروطی شکل و بدون انشعاب، مورد علاقه کشاورزان ایران می‌باشد (باقری شیروان و همکاران ۲۰۲۰).

برای تعیین بهترین زمان هیدروپرایمینگ بذر پیش آزمایشی با زمان های مختلف هیدرو پرایمینگ (۱۲ تا ۳۲ ساعت) انجام و با بررسی نتایج به دست آمده از سرعت جوانه زنی، بهترین تیمار ۲۸ ساعت هیدروپرایمینگ تعیین گردید. سپس بذور تیمار شده در دمای معمولی خشک و در محیط مناسب نگهداری گردید و قبل از کاشت با سم کاربوکسین تیرام ضد عفونی گردید. هر کرت از ۶ خط کاشت با فواصل ۵۰ سانتی‌متر به طول ۵ متر با تراکم ۱۰ بوته در متر مربع تنظیم شد و فاصله بین کرت ها یک خط نکاشت و فاصله بین بلوک ها ۲ متر در نظر گرفته شد. کودهای فسفاته و پتاسه و یک سوم کود مورد نیاز نیتروژنی بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) قبل از کاشت (به میزان ۲۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل، ۲۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره) و دو سوم بعدی کود نیتروژنی در دو مرحله و پس از عملیات وجین علف های هرز مصرف گردید. آبیاری به روش بارانی کلاسیک ثابت و با رایزرهای Zk30 صورت گرفت. پس از استقرار بوته ها در سطح خاک و انجام مراحل محلولپاشی اسید هیومیک از ۴۰ روز پس از کاشت به فاصله هر ۱۵ روز ۸ مرحله نمونه برداری به منظور ارزیابی شاخص های فیزیولوژیک انجام گرفت و در هر بار نمونه گیری پنج بوته از نیمه اول هر کرت برداشت و سطح برگ و وزن خشک بخش هوائی و غده ها در طی فصل رشد اندازه گیری شد. کل برگ‌های تازه نمونه های چغندرقند از ریشه‌ها جدا شد تا طول و عرض (در پهن‌ترین قسمت) برگ تعیین شود که برای محاسبه سطح برگ (LA) استفاده شد(وارگا و همکاران ۲۰۲۱).

$$LA = \text{طول برگ (سانتی متر)} \times \text{عرض برگ (سانتی متر)} \times ۰/۷۵$$ (رابطه ۱)

برداشت نهایی از کرت ها پس از سپری شدن ۱۸۰ روز از تاریخ کاشت، در چهار مرحله و با فاصله دو هفته ای در تاریخ های ۳۱ شهریور، ۱۴ مهر، ۲۸ مهر و ۱۲ آبان انجام شد. نمونه برداری با حذف دو ردیف کناری و حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت از چهار ردیف وسط کرت در سطحی معادل ۲ متر مربع صورت گرفت. عملیات برداشت (شامل کندن و سرزنی چغندر قند) به صورت دستی و توسط نیروی کارگری انجام شد. شرایط اقلیمی ماه‌های رشد در جدول ۲ آورده شده است. برای برآورد مقادیر شاخص سطح برگ روزانه از برازش معادله (۲) استفاده شد(دولت پرست و همکاران ۲۰۲۳):

$$LAI = a + b \times 4 \times (\exp(-(x-c)/d))/(1+\exp(-(x-c)/d))^2$$ (رابطه ۲)

که در آن a عرض از مبداء b زمان رسیدن به حداکثر LAI و c حداکثر LAI و d نقطه عطف منحنی مطابق با زمانی است که در آن رشد برگ وارد مرحله خطی می شود و x زمان بر حسب روز پس از کاشت است. مقادیر تجمع ماده خشک نیز از برازش معادله (۳) بدست آمد (دولت پرست و همکاران ۲۰۲۲):

$$TDM = á / (1 + b' \times \exp(-ć \times x))$$ (رابطه ۳)

که در آن TDM تجمع ماده خشک بر حسب گرم بر متر مربع، á حداکثر تجمع ماده خشک، b' ثابت معادله، ć سرعت رشد نسبی و x زمان بر حسب روزهای پس از کاشت است. برای محاسبه سرعت رشد محصول چغندر قند(CGR) از روش مشتق گیری از معادله تجمع ماده خشک و برای محاسبه سرعت رشد نسبی(RGR) از مشتق معادله سرعت رشد (صدرآبادی حقیقی و همکاران ۲۰۱۱) و برای محاسبه میزان جذب خالص(NAR) نیز ازمعادله (۴) استفاده شد (نصرت و همکاران ۲۰۲۰):

$$NAR = CGR/ LAI$$ (رابطه ۴)

در پژوهش حاضر، داده های مربوط به بیشینه‌های منحنی های شاخص سطح برگ، وزن خشک کل و سرعت رشد محصول با استخراج از روابط رگرسیونی بدست آمده، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شدند. همچنین داده های مربوط به سرعت رشد نسبی و میزان جذب خالص در هنگامی که سرعت رشد گیاه (CGR) در بیشینه خود بوده است، مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین قرار گرفتند. در پایان فصل رشد برای اندازه گیری عملکرد غده از نیمه دوم هر کرت دو متر مربع برداشت شد و داده ها با استفاده از نرم افزار SAS بعد از اطمینان از نرمال بودن باقیمانده ها آنالیز واریانس شد و برای مقایسه میانگین از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد استفاده شد. به منظور تهیه نمودار روند تغییرات شاخص های فیزیولوژیک رشد از برنامه Excel و برای برازش داده از نرم افزارSlide Write V7.01 استفاده شد (دولت پرست و همکاران ۲۰۲۳).

جدول ۱- نتایج آزمون خاک محل اجرای آزمایش

عمق نمونه برداری (cm)	بافت خاک	رس (٪)	سیلت (٪)	شن(٪)	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	واکنش (pH)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg.kg^{-1}$)
۰-۳۰	لوم	۲۲/۷۲	۴۴/۷۲	۳۲/۵۶	۰/۲۶	۷/۸	۱/۱	۰/۱	۱۰/۴	۱۷۸

جدول ۲- پارامتر های اقلیمی منطقه مورد آزمایش

پارامتر اقلیمی	ماه						
	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
مجموع بارش (mm)	۹/۲	۲۸/۳	۱/۶	۰	۱/۸	۰	۰	۳۵/۶
مجموع تبخیر (mm)	۱۶۹/۶	۲۲۹/۱	۳۳۳/۱	۳۶۰/۱	۳۴۴/۸	۳۸۰/۳	۱۹۰/۲	۴۹/۲
مجموع ساعات آفتابی	۲۷۹/۸	۲۸۲/۷	۳۶۸/۲	۳۷۰/۳	۳۱۶/۴	۳۴۶	۳۰۷/۴	۱۵۰/۷
بیشینه سرعت باد($km\ h^{-1}$)	۲۷	۲۲	۲۳	۱۰	۹	۹	۱۶	۱۲
میانگین دما (°C)	۱۱	۱۶/۵	۲۱	۲۵	۲۴/۹	۲۲	۱۵/۳	۷
میانگین دمای کمینه (°C)	۳/۲	۶/۴	۱۱/۹	۱۵/۵	۱۷/۲	۱۱/۲	۶/۸	۲/۱
میانگین دمای بیشینه (°C)	۲۰	۲۶/۴	۳۲/۱	۳۶/۸	۳۸/۳	۳۴/۱	۲۹/۱	۱۹/۴
میانگین رطوبت نسبی(%)	۳۹	۴۱	۲۵/۸	۲۰/۸	۲۵/۲	۲۰/۳	۳۱	۷۱

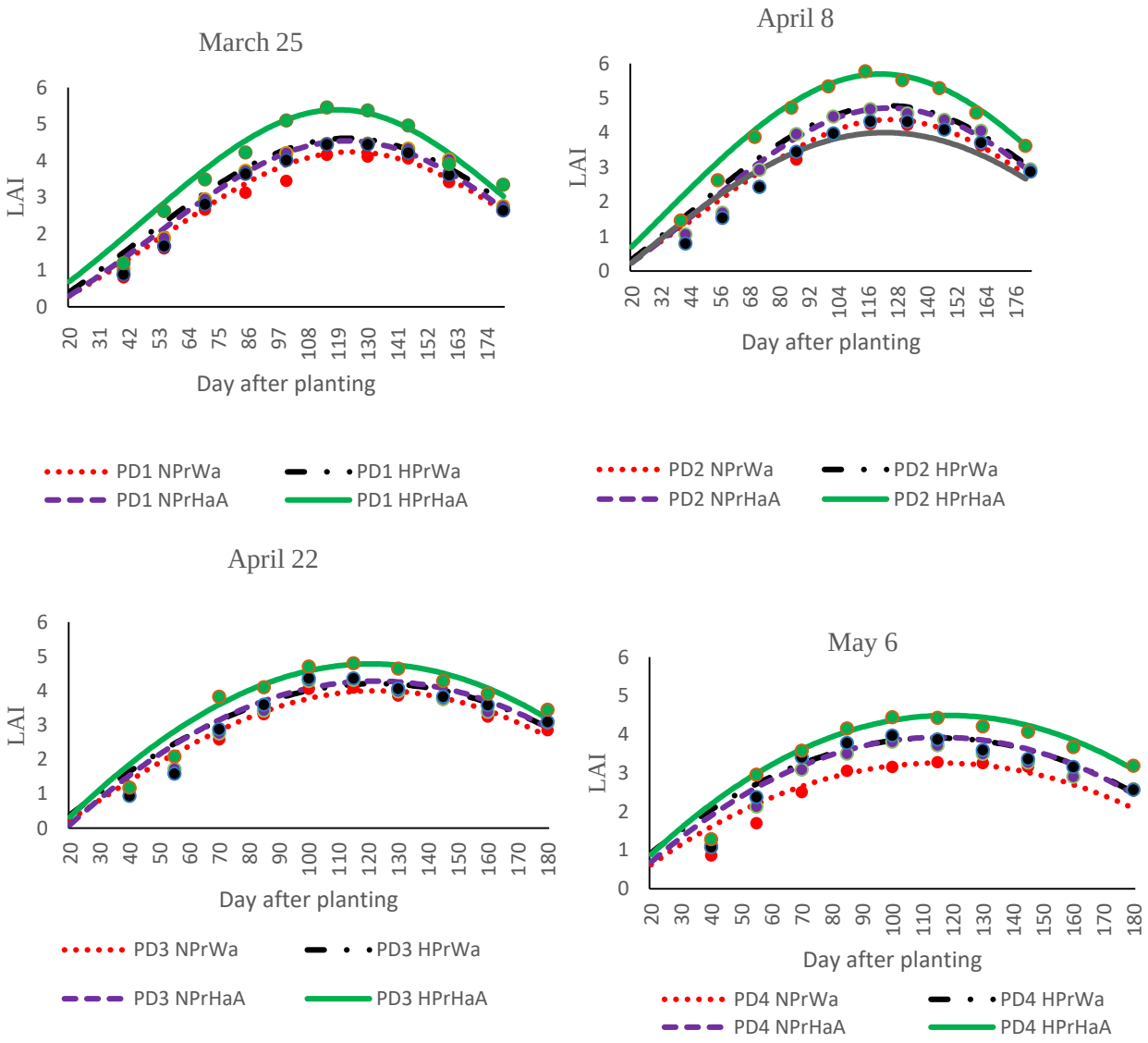
نتایج و بحث

در جدول ۳ ضرایب رگرسیونی بکار رفته در نمودارهای شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک کل آورده شده است.

شاخص سطح برگ(LAI)

این شاخص تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و هر سه عامل اصلی تاریخ کاشت، پرایمینگ بذر و محلول پاشی اسید هیومیک در سطح یک درصد و برهمکنش پرایمینگ در اسید هیومیک در سطح پنج درصد بر روی بیشینه شاخص سطح برگ معنی دار شدند (جدول ۴). تغییرات شاخص سطح برگ در تمام تیمارها دارای الگوی سیگموئیدی بود. در اوایل رشد و تا ۴۰ روز پس از کاشت سطح برگ به دلیل کوچک بودن برگها و کامل نبودن پوشش گیاهی پائین بود اما از این مرحله به بعد، در تمام تیمارها رشد سریع آغاز شد و این مرحله تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ ادامه یافت، پس از آن به دلیل پیر شدن برگها، روند تغییرات شاخص

سطح برگ به صورت کاهشی بود (شکل ۱). به طور کلی اهمیت سطح برگ در رابطه با رشد ریشه چغندرقند و عملکرد یک عامل شناخته شده است. در یک تحقیق، شاخص سطح برگ بهینه برای چغندرقند از اواسط ژوئن(خرداد) تا پایان جولای(تیر) بدست آمد (جکلی و همکاران ۲۰۱۸).



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ چغندرقند تحت تأثیر پرایمینگ بذر و محلول پاشی اسید هیومیک در تاریخ های مختلف کاشت. P تاریخ کاشت (Planting Date)، بدون پرایمNP (No Priming)، پرایم با آبHP (Hydro Priming)، محلولپاشی با آبW(Water Foliar Application) و محلول پاشی با اسید هیومیک HA (Humic Acid Foliar Application). Simple۱-۴ نمونه برداری های انجام شده در طول دوره آزمایش.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش پرایمینگ در اسید هیومیک، شاخص سطح برگ بیشینه در ترکیب تیماری بدون پرایمینگ و مصرف اسید هیومیک کمترین میزان را به خود اختصاص داد در صورتی‌که کاربرد همراه با هم هیدروپرایمینگ بذر و محلول‌پاشی اسید هیومیک شاخص سطح برگ بیشینه را ۲۴/۵ درصد افزایش داد (جدول ۵). با توجه به شکل ۱ ایجاد بیشینه شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت اول (پنجم فروردین) حدود۱۲۲ روز پس از کاشت واقع شده است اما از تاریخ کاشت دوم تا چهارم رسیدن به اوج شاخص سطح برگ

به ترتیب ۱۱۹، ۱۱۷ و ۱۱۳ روز پس از کاشت اتفاق افتاده است (شکل ۱) این در حالی است که کاربرد همراه با هم اسید هیومیک و هیدروپرایمنگ بذر در هر چهار تاریخ کاشت به ویژه تاریخ کاشت اول این شاخص را ۲۱/۵۲ درصد نسبت به تیمار بدون پرایمینگ و بدون کاربرد اسید هیومیک در این تاریخ کاشت افزایش داده است (شکل ۱) این نتایج با یافته های (میلفورد ۲۰۰۶) در مورد بسته شدن سریع کانوپی گیاه و تاثیر مثبت بر رشد سلولی (آگویار و همکاران ۲۰۱۹) با کاربرد اسید هیومیک مطابقت دارد. کشت به هنگام با بهره گیری بیشتر از منابع رشد می تواند منجر به افزایش دوره فتوسنتزی گیاه و بیوماس آن شود (گوباره و همکاران ۲۰۱۹). رینالدی و وونلا (۲۰۰۶) گزارش دادند که تاریخ کاشت با تاثیر بر تعداد و اندازه برگ‌های سبز روی میزان تشعشع دریافت شده گیاه اثر می گذارد. همچنین پرایمینگ بذر با افزایش سرعت سبز شدن (بزهین و همکاران ۲۰۱۸) توانسته است سودمندی اسید هیومیک را تقویت کند (شکل ۱). جوکار و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند هیدروپرایمینگ بذر چغندرقند باعث افزایش ۱۷ درصدی سطح برگ نسبت به تیمار بدون پرایمینگ شد و این افزایش را به جوانه زنی زودتر و رشد سریعتر برگها نسبت دادند. کمتر بودن زمان به حداکثر رسیدن شاخص سطح برگ، با تاخیر در کاشت، می تواند به دلیل مواجهه گیاه با شرایط نامطلوب اقلیمی (جدول ۲) و در نتیجه کاهش دوره رشد (نصرت و همکاران ۲۰۲۰) باشد که خود عامل اصلی در کاهش شاخص سطح برگ خواهد بود. در آزمایش عبدالهیان نوقابی(۲۰۰۰) گزارش شد که دوام کمتر حداکثر شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت دیرهنگام سبب کاهش ۲۳ درصدی عملکرد ریشه و شکر سفید گردید.

جدول ۳- ضرایب رگرسیونی معادلات شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک

تاریخ کاشت	پرایمینگ بذر	اسید هیومیک	شاخص سطح برگ				ضرایب رگرسیون ماده خشک کل		
			a	b	c	d	á	b̀	ć
پنج فروردین	بدون پرایم	اسپری آب	-۱/۲۲	۴/۲۷	۱۲۵/۵	۴۶/۶۹	۱۳۴۸/۸۳	۲۰۱/۷۶	۰/۰۵۹
		اسید هیومیک	-۱/۹۹	۶/۶۲	۱۲۵/۳	۴۷/۵۸	۱۵۲۴/۰۹	۲۵۲/۷۹	۰/۰۶۴
	هیدروپرایمینگ	اسپری آب	-۱/۵۶	۶/۱	۱۲۴/۴	۴۳/۳۴	۱۵۶۹/۲۵	۲۱۳/۵۲	۰/۰۶۱
		اسید هیومیک	-۲/۱۵	۷/۵۹	۱۲۲/۰۶	۴۵/۶۷	۱۷۵۸/۵۳	۱۸۲/۶۶	۰/۰۵۹
۱۹ فروردین	بدون پرایم	اسپری آب	-۱/۲۸	۵/۶۵	۱۲۸/۲۷	۴۳/۲۷	۱۴۰۲/۵	۷۳/۷۵	۰/۰۴۲
		اسید هیومیک	-۱/۸۴	۶/۶۴	۱۲۵/۲۳	۴۵/۶۶	۱۶۱۶/۴۷	۱۲۴/۰۶	۰/۰۵
	هیدروپرایمینگ	اسپری آب	-۱/۵	۵/۹۴	۱۲۷/۸۹	۴۴/۰۶	۱۶۱۳/۷۷	۱۱۶/۳	۰/۰۴۸
		اسید هیومیک	-۲/۹۲	۸/۶۶	۱۲۳/۰۲	۵۰/۳۳	۱۷۳۸/۳	۱۵۶/۴۲	۰/۰۵۹
۲ اردیبهشت	بدون پرایم	اسپری آب	-۱/۸۹	۶/۰۱	۱۲۵/۳۳	۴۹/۰۶	۱۲۵۵/۴۳	۴۷/۱۷	۰/۰۳۵
		اسید هیومیک	-۱/۶۵	۵/۹	۱۲۵/۳۲	۴۸/۸۲	۱۳۵۸/۰۲	۴۸/۶۲	۰/۰۳۵
	هیدروپرایمینگ	اسپری آب	-۱/۸۱	۶/۱۹	۱۲۵/۶	۴۸/۳	۱۴۱۹/۴۸	۵۳/۸۸	۰/۰۳۷
		اسید هیومیک	-۲/۶۲	۷/۴۹	۱۲۳/۵	۵۳/۳۱	۱۴۴۵/۳۵	۷۳/۵۷	۰/۰۴۸
۱۶ اردیبهشت	بدون پرایم	اسپری آب	-۲/۶۶	۶/۰۶	۱۲۷/۲	۶۲/۸۴	۹۲۸/۳۳	۵۳/۲۳	۰/۰۳۹
		اسید هیومیک	-۳/۳۱	۷/۰۹	۱۱۸/۳۹	۶۱/۵۴	۱۱۱۹/۲۹	۵۵/۱۶	۰/۰۴
	هیدروپرایمینگ	اسپری آب	-۴/۱۱	۸/۰۹	۱۱۶/۹۲	۶۴/۱۴	۱۲۰۹/۳۳	۹۳/۳۴	۰/۰۴۶
		اسید هیومیک	-۵/۷۷	۱۰/۲۸	۱۲۰/۱۵	۷۲/۱۸	۱۴۷۰/۶	۵۱/۴	۰/۰۳۹

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تأثیر پرایمینگ بذر و محلول پاشی در تاریخ های مختلف کاشت.

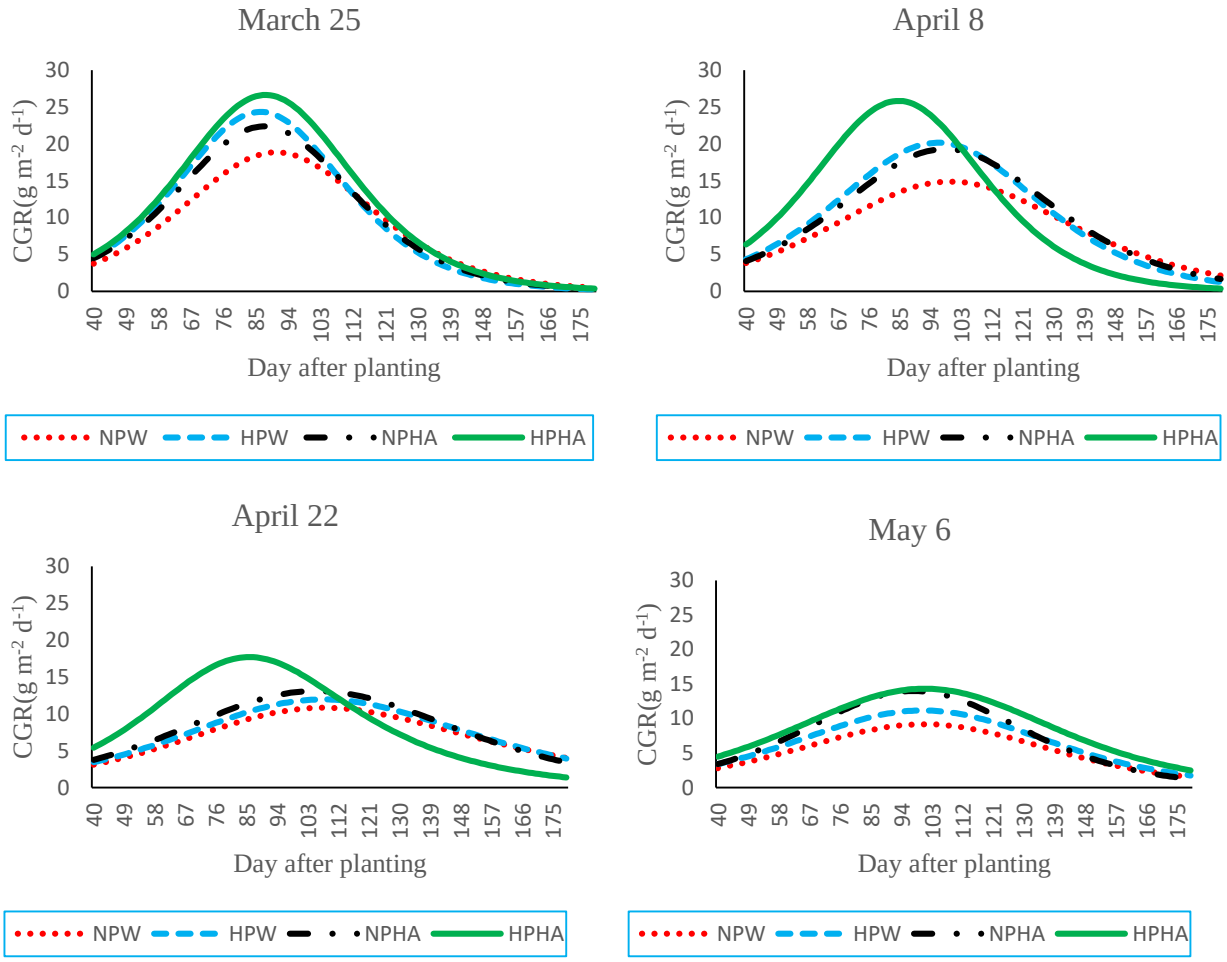
		میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	بیشینه شاخص سطح برگ LAI_{max}	بیشینه سرعت رشد CGR_{max}	سرعت جذب خالص NAR	سرعت نسبی رشد RGR	بیشینه تجمع ماده خشک TDM_{max}	عملکرد غده RY
تکرار(R)	۲	۶/۷۱**	۱/۹^{ns}	۰/۳۳^{ns}	۳/۸۶*	۱/۷۴^{ns}	۷/۰۹**
تاریخ کاشت(D)	۳	۱۹/۶۷**	۱۲۲/۵۲**	۹۲/۱۶**	۱۴۰/۱۴**	۴۳/۰۹**	۵۳/۷۸**
خطای الف	۶	۱/۷۳	۱/۲۶	۱/۹۶	۷/۸۶	۰/۷۳	۱/۱۲
پرایم بذر(P)	۱	۳۳/۱۶**	۶۸/۹۷**	۱۷/۵۱**	۲۰/۸۵**	۴۵/۳۲**	۷۸/۵۳**
محلولپاشی(F)	۱	۳۸/۰۵**	۵۸**	۱۰/۰۹**	۱۶/۴۴**	۳۲/۶۷**	۸۵/۰۷**
D*P	۳	۰/۹۲^{ns}	۱/۸۸^{ns}	۴/۴۹*	۵/۹۲*	۱/۶۳^{ns}	۵۵/۱۸**
D*F	۳	۰/۸۲^{ns}	۴/۹۵**	۳/۱۱*	۱۰/۱۲**	۱/۶۲^{ns}	۱/۲۶^{ns}
P*F	۱	۵/۵۲*	۰/۳۵^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۴۱^{ns}	۵/۵۲**
D*P*F	۳	۰/۳۲^{ns}	۱/۶۴^{ns}	۲/۷۹^{ns}	۷/۴۹**	۰/۵۵^{ns}	۶/۸*
خطای ب	۲۴	۰/۲۸۴	۱/۶۱۶	۰/۵	۰/۰۰۱۵	۱۰/۰۵	۰/۴۹
ضریب تغییرات (٪)		۶/۴۳	۹/۳۳	۱۱/۱۸	۶/۲۲	۷/۵۱	۵/۳۶

ns ،* و ** ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ می باشد.

سرعت رشد محصول(CGR)

زمان رسیدن به بیشینه سرعت رشد، تحت تاثیر تمام اثرات ساده و برهمکنش تاریخ کاشت در محلول‌پاشی اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۴). از آن جا که سرعت رشد محصول تابعی مستقیم از شاخص سطح برگ و سرعت فتوسنتز خالص در طول دوره رشد است، بنظر می رسد کاهش LAI، مایل شدن تابش انرژی خورشیدی و کاهش طول روز و ساعات آفتابی (جدول ۲) موجب کاهش CGR می شود (نادری و همکاران ۲۰۰۵). روند تغییرات سرعت رشد محصول در اوایل فصل رشد، به دلیل کوچک بودن سطوح برگ های فتوسنتز کننده، دریافت و جذب نور کم بوده و سرعت رشد محصول نیز ناچیز است ولی به تدریج و با افزایش سطح برگ، جذب نور، فتوسنتز و تولید ماده خشک افزایش یافته و به تبع سرعت رشد گیاه نیز افزایش یافت(شکل ۲). پس از به حد اکثر رسیدن سرعت رشد محصول در تیمارهای مختلف (از ۸۶ تا ۱۰۱ روز پس از کاشت)، روند کاهشی سرعت رشد محصول آغاز گردید که دلیل آن، پیر شدن برگ ها و کاهش فتوسنتز بوده است. به نظر می رسد این روند تغییرات با افزایش میزان تنفس نسبت به فتوسنتز کاهش شدیدتر سرعت رشد محصول را در پی داشته است (رحمانی و ابوطالبیان ۲۰۲۱). بنظر می رسد در آخر فصل رشد، با خنک شدن هوا در پاییز از میزان تنفس کاسته شده و روند کاهشی سرعت رشد محصول با آهنگ کمتری ادامه یافت تا به صفر رسید (شکل ۲). بیشینه سرعت رشد محصول در تاریخ کاشت پنجم فروردین(۲۵ مارچ) در هنگام ۸۶ روز پس از کاشت و در تاریخ کاشت شانزدهم اردیبهشت (۶ می) در هنگام ۱۰۱ روز پس از کاشت بدست آمد (شکل ۲). بالاترین میزان بیشینه سرعت رشد محصول در تاریخ کاشت اول (پنجم فروردین) در شرایط محلول‌پاشی اسید هیومیک (۲۵/۳۲ گرم در متر مربع در روز) و کمترین میزان در تاریخ

کاشت شانزدهم اردیبهشت در حالت اسپری آب بدست آمد (جدول ۵). آنچه مسلم است این که در سه تاریخ کاشت اول محلول‌پاشی اسید هیومیک منجر به افزایش معنی دار بیشینه سرعت رشد محصول گردید (جدول ۴). دلیل احتمالی این سودمندی تاثیر اسید هیومیک بر توسعه ریشه (آگویار و همکاران ۲۰۱۸) و بهبود جذب آب و املاح (موسوی کیا و همکاران ۲۰۲۰) است اتفاقی که در تاریخ کشت چهارم (۱۶ اردیبهشت) مشاهده نشد. بنظر می‌رسد که تاخیر قابل توجه در زمان کشت با کاهش سطح برگ (شکل ۱)، فرصت جذب کافی اسید هیومیک محلول‌پاشی شده را به بوته های چغندرقند نداده است و در نتیجه گیاه نتوانسته است واکنش معنی‌داری به محلول‌پاشی اسید هیومیک بدهد.



شکل ۲- روند تغییرات سرعت رشد محصول در چغندر قند تحت تاثیر پرایم بذر و محلول پاشی اسید هیومیک در تاریخهای مختلف کاشت. P تاریخ کاشت (Planting Date)، بدون پرایم NP (No Priming)، پرایم با آب HP (Hydro Priming)، محلولپاشی با آب W(Water Foliar Application)و محلول پاشی با اسید هیومیک HA (Humic Acid Foliar Application).

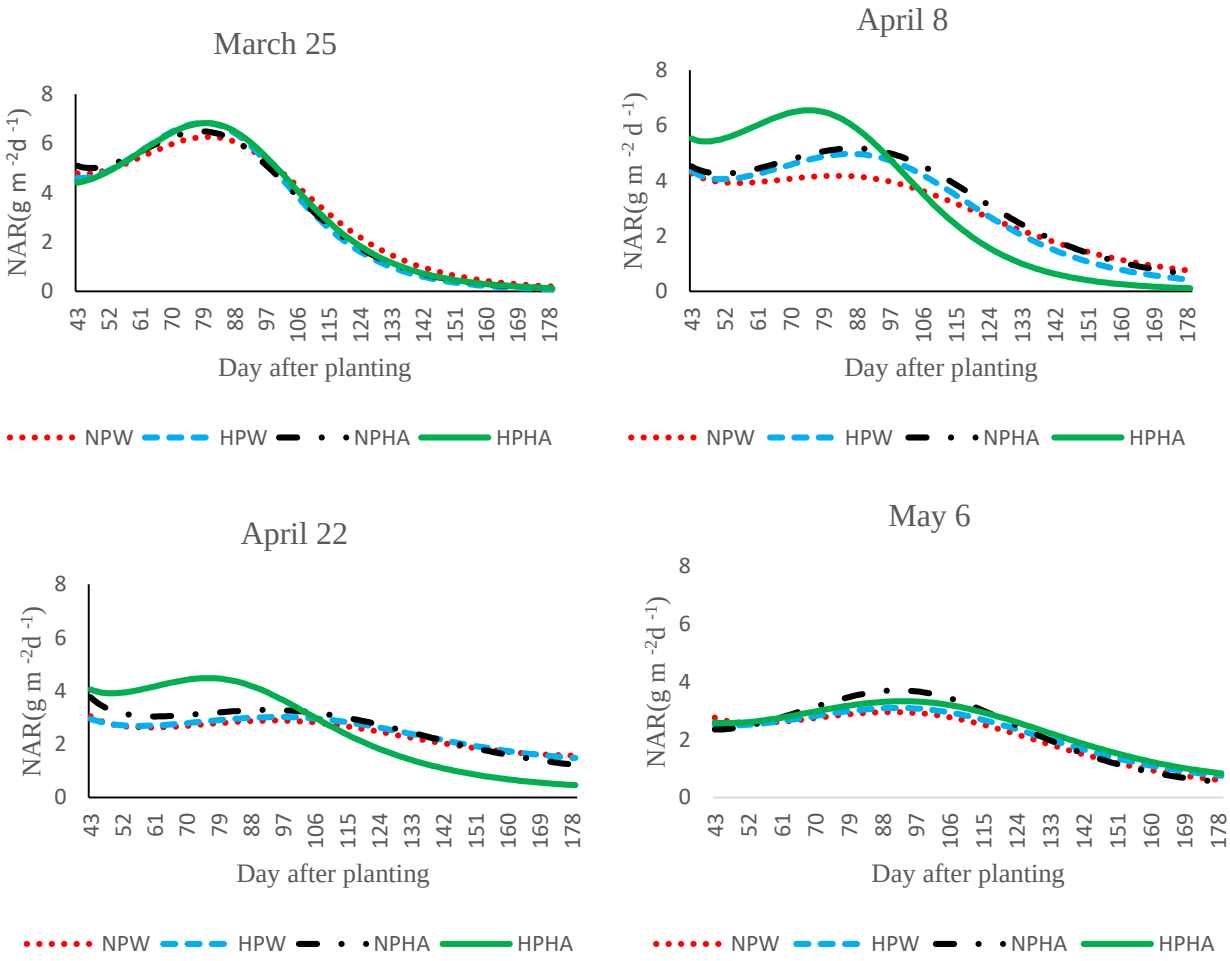
سرعت جذب خالص(NAR)

نتایج آنالیز واریانس شاخص جذب خاص در زمانی که گیاهان به بیشینه سرعت رشد محصول رسیدند حاکی از این است که علاوه بر معنی‌دار شدن اثرات اصلی، برهمکنش‌های دو گانه تاریخ کشت در پرایمینگ و تاریخ کشت در محلول‌پاشی در سطح یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۴). سرعت جذب خالص در اوایل دوره رشد که رشد برگها کم و بر روی هم سایه اندازی نداشتند، در بالاترین میزان خود بوده و با گذشت زمان و افزایش سطح برگ و افزایش سن برگ ها و سایه اندازی در نتیجه کاهش

کارائی فتوسنتزی، سیر نزولی نشان داد (شکل ۳). افزایش سطح برگ اگر چه باعث افزایش فتوسنتز کل گیاه می شود ولی به دلیل سایه اندازی برگها بر روی یکدیگر منجر به کاهش سرعت جذب خالص می‌گردد (نصرت و همکاران ۲۰۲۰). در تاریخ کاشت اول بدلیل شرایط مطلوب و دوره رشد مناسب تر بین روند تغییرات سرعت جذب خالص در تیمارهای مختلف (پرایمینگ و محلول پاشی اسید هیومیک) تفاوت قابل توجهی وجود ندارد اما با تاخیر در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم اثر هیدروپرایمینگ و محلول‌پاشی اسید هیومیک به خوبی مشخص شده است البته در تاریخ کاشت چهارم به دلیل تاخیر زیاد در کشت عملاً بین روند تغییرات جذب خالص تفاوتی مشاهده نمی‌شود (شکل ۳).

جدول ۵- جدول اثرات متقابل دوگانه تاریخ کاشت، پرایم بذر و محلول پاشی بر شاخص های رشد چغندر قند

تاریخ کاشت	پرایمینگ بذر	بیشینه شاخص سطح برگ LAI_{max}	بیشینه سرعت رشد CGR_{max} ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$)	سرعت جذب خالص NAR ($g\ m^{-2}\ d^{-1}$)
۵ فروردین	بدون پرایم	–	–	۶/۳۲^{a}
	هیدروپرایمینگ	–	–	۶/۱۳^{ab}
۱۹ فروردین	بدون پرایم	–	–	۴/۴^{c}
	هیدروپرایمینگ	–	–	۵/۶۳^{b}
۲ اردیبهشت	بدون پرایم	–	–	۳/۰۲^{e}
	هیدروپرایمینگ	–	–	۳/۹۳^{cd}
۱۶ اردیبهشت	بدون پرایم	–	–	۳^{e}
	هیدروپرایمینگ	–	–	۳/۴۹^{de}
تاریخ کاشت	محلول پاشی			
۵ فروردین	اسپری آب	–	۲۱/۱۵^{b}	۶/۱۲^{ab}
	اسید هیومیک	–	۲۵/۳۲^{a}	۶/۳۴^{a}
۱۹ فروردین	اسپری آب	–	۱۶/۹۵^{c}	۴/۴۹^{c}
	اسید هیومیک	–	۲۳/۰۱^{b}	۵/۵۵^{b}
۲ اردیبهشت	اسپری آب	–	۱۲/۵۱^{d}	۳/۱۴^{e}
	اسید هیومیک	–	۱۵/۳۳^{c}	۳/۸^{d}
۱۶ اردیبهشت	اسپری آب	–	۱۱/۶^{d}	۳/۳^{de}
	اسید هیومیک	–	۱۲/۷۶^{d}	۳/۱۹^{e}
پرایمینگ بذر	محلول پاشی			
بدون پرایمینگ بذر	اسپری آب	۴/۰۱۵^{c}	–	–
	اسید هیومیک	۴/۳۲۷^{b}	–	–
هیدروپرایمینگ بذر	اسپری آب	۴/۲۹۴^{b}	–	–
	اسید هیومیک	۴/۹۹۱^{a}	–	–



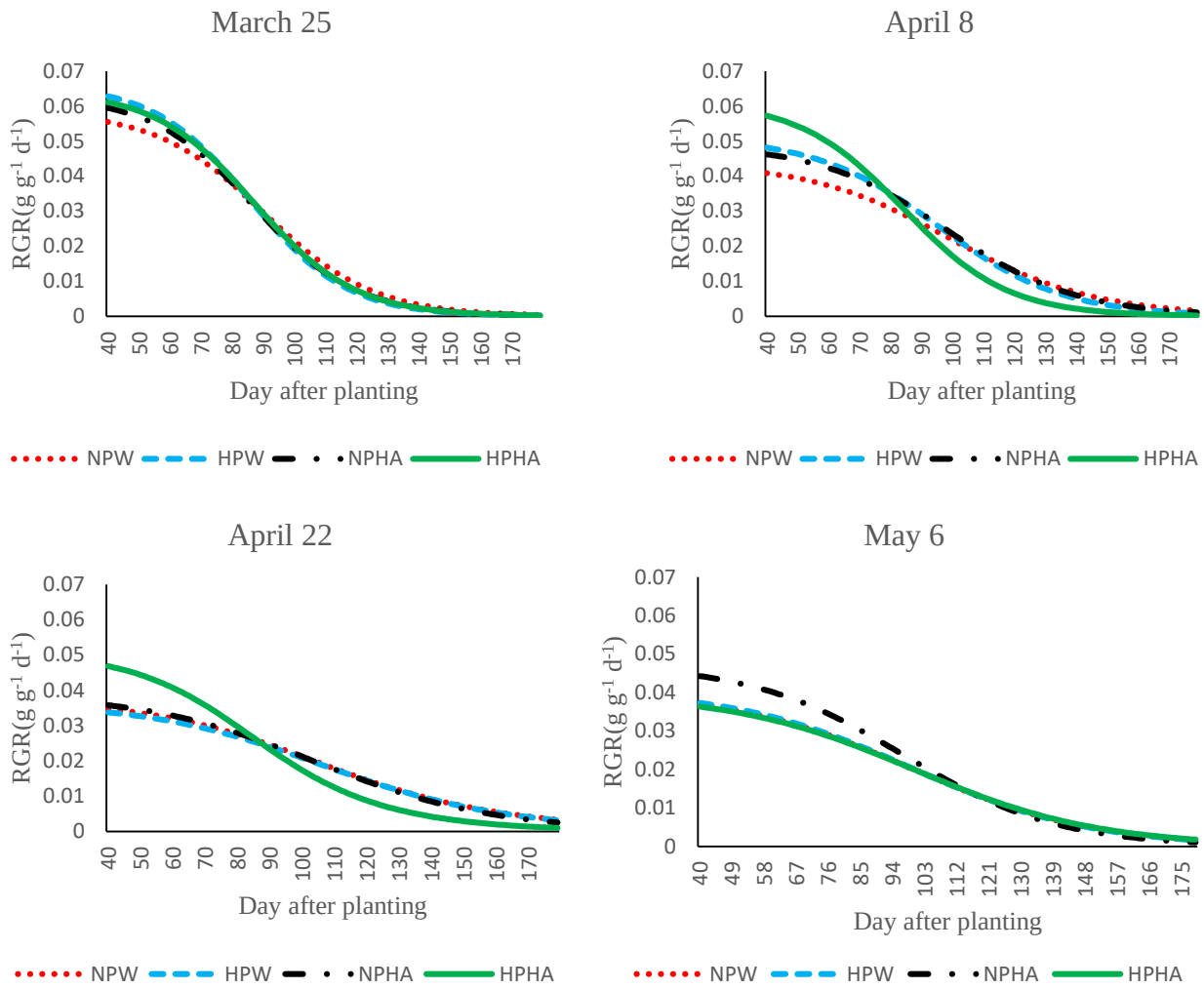
شکل ۳-روند تغییرات سرعت جذب خالص در چغندر قند تحت تاثیر پرایم بذر و محلول پاشی اسید هیومیک در تاریخهای مختلف کاشت.P تاریخ کاشت (Planting Date)، بدون پرایم NP (No Priming)، پرایم با آب HP (Hydro Priming)، محلولپاشی با آب W(Water Foliar Application) و محلول پاشی با اسید هیومیک HA (Humic Acid Foliar Application).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کشت در پرایمینگ (جدول ۵) مشاهده می‌شود که در تاریخ‌های کشت اول و چهارم هیدروپرایمینگ اثر معنی‌داری بر سرعت جذب خالص نداشت اما در تاریخ های دوم و سوم (۱۹ فروردین و دوم اردیبهشت) هیدروپرایمینگ به ترتیب سبب افزایش ۲۷/۷ و ۳۰/۱ درصدی سرعت جذب خالص گردید که سودمندی پرایمینگ بذر در بهبود سرعت استقرار (رحمان و همکاران ۲۰۱۵) و افزایش سطح برگ (بزهین و همکاران ۲۰۱۸) را نشان می‌دهد. این تفاوت در برهمکنش تاریخ کشت و محلول‌پاشی اسید هیومیک نیز مشاهده شد به نحوی که کمترین و بیشترین سرعت جذب خالص به ترتیب در تاریخ‌های اول و چهارم واقع شد و محلول‌پاشی اسید هیومیک در تاریخ‌های دوم و سوم به ترتیب این سرعت را ۲۳/۶ و ۲۱ درصد افزایش داد (جدول ۵). با مقایسه دو برهمکنش مورد اشاره تاثیر پرایمینگ بذر در سرعت جذب خالص کمی بیشتر از تاثیر اسید هیومیک محلول‌پاشی شده می باشد. البته در تاریخ‌های کشت اول و چهارم (پنج فروردین و ۱۶ اردیبهشت) در هر دو برهمکنش کاربرد پرایمینگ و اسید هیومیک موثر واقع نشدند که بنظر می رسد در تاریخ اول بدلیل شرایط بهتر رشد گیاه و در تاریخ چهارم بدلیل تاخیر قابل توجه کشت، سودمندی پرایمینگ و اسید هیومیک نتوانسته است موثر واقع گردد.

سرعت رشد نسبی(RGR)

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تمام اثرات اصلی و برهمکنش‌ها به جز برهمکنش دوگانه پرایمینگ بذر در محلول پاشی اسید هیومیک، بر سرعت رشد نسبی در زمانی که سرعت رشد گیاه در حداکثر بوده است، معنی دار بوده اند (جدول ۴). سرعت رشد نسبی، میزان تجمع ماده خشک جدید در واحد وزن خشک موجود است و نشان دهنده کارایی در تولید ماده خشک جدید است(لاوری و اسمیت ۲۰۱۸). روند تغییرات این شاخص در تیمارهای مختلف حاکی از آن است که سرعت رشد نسبی در ابتدای دورهٔ رشد در بالاترین میزان خود بود و با طی شدن دورهٔ رشد، از حدود ۶۰ روز پس از کاشت به علت بسته شدن پوشش گیاهی و افزایش وزن گیاه و در پی آن افزایش هزینه های نگه داری گیاه (افزایش سایه اندازی) (رحمانی و ابوطالبیان ۲۰۲۱) و کاهش نسبت تبدیل بافت های بالغ به بافت های مریستمی (نصرت و همکاران ۲۰۲۰) ، با شدت کاهش یافته و در انتهای دورهٔ رشد به حدود صفر رسید (شکل ۴). مانند آنچه در نمودارهای سرعت جذب خالص مشاهده شد (شکل ۳) در تاریخ کاشت اول در روند تغییرات تیمارهای پرایمینگ و محلول‌پاشی اسید هیومیک در طول رشد، تفاوت قابل توجهی ملاحظه نمی‌شود اما در دو تاریخ دوم و سوم کاشت کاربرد همراه با هم هیدروپرایمینگ و محلول‌پاشی اسید هیومیک برتری محسوسی در سرعت رشد نسبی بوته‌های چغندرقند در طی رشد ایجاد نموده است و البته تیمار مذکور شیب کاهشی بالاتری نیز دارد که علت آن دارا بودن شاخص سطح برگ بیشتر (شکل ۱) و سایه‌اندازی شدیدتر است (شکل ۴). به طور کلی با گذشت زمان، سرعت رشد نسبی گیاه کاهش یافته است زیرا هرچند که مقدار وزن خشک گیاه با گذشت زمان افزایش پیدا می کند اما سرعت افزایش، به دلیل افزایش سایه اندازی، کاهش می یابد. در تاریخ کشت اول نمودار تیمارهای پرایمینگ و محلول‌پاشی تفاوت قابل توجهی ندارند اما با تاخیر در کاشت تفاوت آنها ملموس شده است بطوریکه تیمار هیدروپرایمینگ بذر در ترکیب با محلول‌پاشی اسید هیومیک در تاریخ های دوم و سوم در ابتدای دوره رشد سرعت رشد نسبی بالا ایجاد کرده و البته با شیب تندتری نسبت به سایر تیمارها دچار کاهش در سرعت رشد نسبی شده است.

بنظر می رسد که کاربرد همراه با هم هیدروپرایمینگ و محلول پاشی اسید هیومیک در اوایل رشد گیاه سبب استفاده بهتر بوته از نور شده است و در ادامه با تولید برگ بیشتر و ایجاد سایه اندازی (جدول ۵) سبب تندتر شدن شیب کاهش سرعت رشد نسبی شده است. با توجه به مفهوم سرعت رشد نسبی که تابعی از سرعت رشد محصول و ماده خشک تولیدی می‌باشد، انتظار می رود تیمارهایی که دارای بالاترین میزان سرعت رشد محصول باشند، سرعت رشد نسبی بالاتری هم تولید نمایند. در بررسی برهمکنش سه گانه تاریخ کاشت، پرایمینگ و اسید هیومیک، بالاترین مقدار سرعت رشد نسبی در تاریخ کاشت اول (پنجم فروردین) تحت شرایط بدون پرایمینگ ومحلول‌پاشی اسید هیومیک بدست آمد که البته تنها با تیمار بدون پرایم و اسپری آب برتری ۸/۹ درصدی نشان داد (جدول ۶). کاربرد همراه با هم هیدروپرایمینگ و محلول‌پاشی اسید هیومیک در تاریخ‌های کشت دوم (۱۹ فروردین)و سوم (دوم اردیبهشت) نیز توانست این شاخص را نسبت به تیمار شاهدشان به ترتیب ۱۹/۲ و ۳۲ درصد افزایش دهد. لذا پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی اسید هیومیک نتوانستند تحت شرایط تاخیر زیاد کشت (تاریخ کشت ۱۶ اردیبهشت) سبب بهبود سرعت نسبی رشد چغندرقند شوند که بنظر می رسد علت در نداشتن فرصت گیاه در واکنش به تیمارهای مذکور بوده است.



شکل۴-روند تغییرات سرعت رشد نسبی در چغندر قند تحت تاثیر پرایم بذر و محلول پاشی اسید هیومیک در تاریخهای مختلف کاشت.P تاریخ کاشت (Planting Date)، بدون پرایمNP (No Priming)، پرایم با آبHP (Hydro Priming)، محلولپاشی با آبW(Water Foliar Application)و محلول پاشی با اسید هیومیک HA (Humic Acid Foliar Application).

تجمع ماده خشک(TDM)

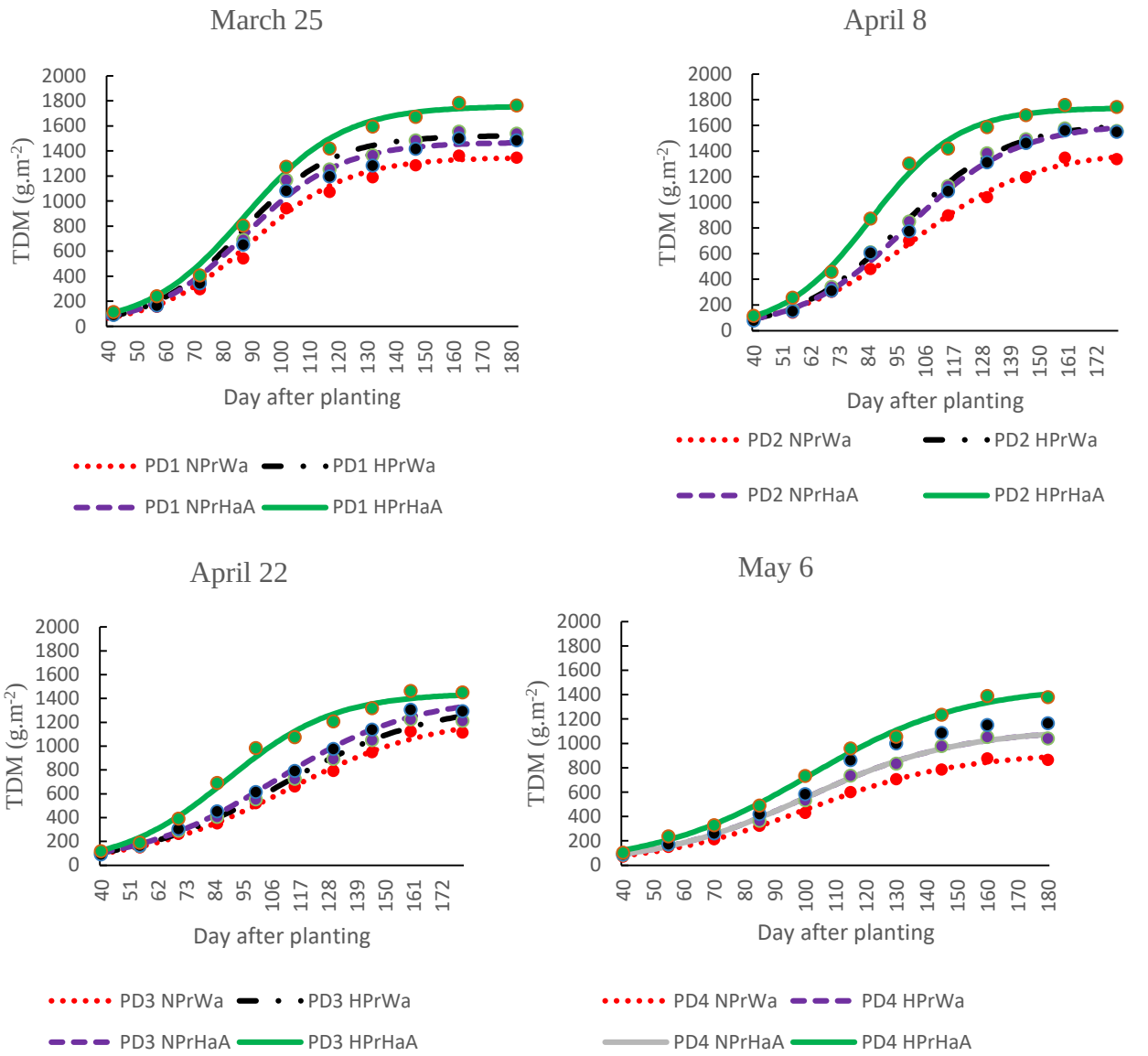
نتایج آنالیز واریانس حاکی از معنی دار شدن تمام اثرات اصلی روی تجمع ماده خشک می باشد(جدول ۴). به دلیل ارتباط مستقیم و نزدیک بین میزان شاخص سطح برگ و میزان تجمع ماده خشک، در تیمارهای با شاخص سطح برگ بالا میزان تجمع ماده خشک نیز بالاتر بود که با یافته های دیگر محققین نصرت و همکاران(۲۰۲۰) و گوباره و همکاران ۲۰۱۹ مطابقت دارد. مکانیسم افزایش ماده خشک در طول فصل رشد در تمام تیمارها به صورت سیگموئیدی بود. در ابتدای دوره رشد مقدار و سرعت تجمع ماده خشک به دلیل کم بودن اندام های فتوسنتز کننده کم بوده‌است و با گذشت زمان همراه با افزایش سطح برگ میزان فتوسنتز گیاه افزایش یافته و روند منحنی تجمع ماده خشک سرعت بیشتری گرفت و پس از آن به دلایل مختلف مثل پیر شدن گیاه، زرد شدن برگ ها و افزایش تنفس گیاه به دلیل افزایش بافت های غیرفتوسنتز کننده (رحمانی و ابوطالبیان ۲۰۲۱)، شیب منحنی تجمع ماده خشک ثابت باقی ماند البته برتری ترکیب تیماری پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی اسید هیومیک در تمام تاریخ‌های کشت بویژه دوم و سوم به خوبی مشاهده می‌شود (شکل ۵). روند تغییرات در تجمع ماده خشک کل شبیه روند تغییرات در شاخص سطح برگ است (شکل ۱) زیرا هر میزان جذب نور در جامعه گیاهی افزایش یابد، تولید زیست توده نیز بیشتر خواهد

شد (رمبرگ و همکاران ۲۰۰۲). در تیمارهای تاریخ کشت بالاترین میزان ماده خشک در تاریخ کشت نوزدهم فروردین بدون وجود اختلاف معنی دار با تاریخ کشت پنجم فروردین به دست آمد که نسبت به تیمار تاریخ کشت شانزدهم اردیبهشت ۳۳/۶ درصد افزایش داشت (جدول ۷).

جدول ۶- جدول مقایسه میانگین اثرات تاریخ کاشت، پرایم بذر و محلول پاشی اسید هیومیک بر سرعت رشد نسبی و عملکرد غده چغندرقند

تاریخ کاشت	پرایم بذر	محلول پاشی	سرعت رشد نسبی RGR ($g\ g^{-1}\ d^{-1}$)	عملکرد غده RY ($kg.m^{-2}$)
۵ فروردین	بدون پرایم	اسپری آب	۰/۰۳۰۴۹^{b}	۹/۰۶^{de}
		اسید هیومیک	۰/۰۳۳۲۱^{a}	۹/۹۱^{bc}
	پرایم با آب	اسپری آب	۰/۰۳۱۴۱^{ab}	۹/۳۷^{cde}
		اسید هیومیک	۰/۰۳۰۶۵^{ab}	۱۱/۹۲^{a}
۱۹ فروردین	بدون پرایم	اسپری آب	۰/۰۲۱۷۴^{de}	۸/۶۱^{fg}
		اسید هیومیک	۰/۰۲۵۳۶^{c}	۱۰/۵^{b}
	پرایم با آب	اسپری آب	۰/۰۲۴۲۱^{cd}	۱۰/۵۷^{b}
		اسید هیومیک	۰/۰۳۰۲۵^{b}	۱۱/۹^{a}
۲ اردیبهشت	بدون پرایم	اسپری آب	۰/۰۱۸۵۰۳^{f}	۸/۰۵^{g}
		اسید هیومیک	۰/۰۱۸۴۸۱^{f}	۸/۵۷^{efg}
	پرایم با آب	اسپری آب	۰/۰۱۹۱۳^{f}	۸/۹۶^{def}
		اسید هیومیک	۰/۰۲۵۱۴^{c}	۹/۵۴^{cd}
۱۶ اردیبهشت	بدون پرایم	اسپری آب	۰/۰۱۹۸^{ef}	۶/۶^{h}
		اسید هیومیک	۰/۰۲۰۰۷^{ef}	۷/۱۸^{h}
	پرایم با آب	اسپری آب	۰/۰۲۳۲۷^{cd}	۸/۲۸^{fg}
		اسید هیومیک	۰/۰۱۹۶۴^{ef}	۸/۵۳^{fg}

تیمار هیدروپرایمینگ بذر با تولید ۱۴۶۳/۳۱ گرم در متر مربع نسبت به تیمار بدون پرایم سبب افزایش زیست توده ۲۲ درصدی گردید و محلول پاشی اسید هیومیک نیز با تولید ۱۴۴۱/۸۴ گرم در متر مربع ماده خشک نسبت به تیمار اسپری آب معمولی ۱۸ درصد زیست توده چغندرقند را افزایش داد (جدول ۷). هیدروپرایمینگ با افزایش سرعت سبز شدن و استفاده سریعتر بوته از منابع رشد (موسوی کیا و همکاران ۲۰۲۰) موثر واقع شده و اسید هیومیک از طریق اثرات شبه هورمونی و بهبود توسعه سیستم ریشه (آگویار و همکاران ۲۰۱۸) و افزایش سطح برگ (شکل ۱) اثر مثبت داشته است.



شکل ۵- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در چغندر قند متاثر از پرایم بذر و محلول پاشی اسید هیومیک در تاریخهای مختلف کاشت. P تاریخ کاشت (Planting Date)، بدون پرایمNP (No Priming)، پرایم با آبHP (Hydro Priming)، محلولپاشی با آبW(Water Foliar Application)و محلول پاشی با اسید هیومیک HA (Humic Acid Foliar Application) Simple ۱۰-۴. نمونه برداری های انجام شده در طول دوره آزمایش.

عملکرد غده (RY)

نتایج آنالیز واریانس بیانگر تاثیر مثبت و معنی دار تمامی اثرات ساده و برهمکنش عوا مل آزمایش(به غیر از برهمکنش دوگانه تاریخ کاشت و محلول پاشی) بر عملکرد غده می باشد (جدول ۴). بر اساس نتایج جدول ۴ در همه تاریخ‌های کشت ترکیب هیدروپرایمینگ بذر و محلول‌پاشی اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار عملکرد غده نسبت به شرایط شاهد (عدم پرایم و اسپری آب) شد. همچنین ترکیب هیدروپرایمینگ و محلول‌پاشی اسید هیومیک منجر به جبران عوارض تاخیر کشت دو هفته ای نسبت به تاریخ کشت اول گردید (جدول ۶). نتایج تحقیقات محمدیان (۲۰۱۶) نشان داده است که در زراعت چغندر قند با ۲۶ روز تاخیر در کاشت، عملکرد ریشه ۱۱ درصد کاهش یافت که در این تحقیق نیز نتایج مشابهی بین تاریخ کشت اول و سوم بدست آمد (جدول ۶). موضوع مهم دیگر اینست که در حالت کاربرد جداگانه هیدروپرایمینگ

و اسید هیومیک، در کشت اول اسید هیومیک بهتر از پرایمینگ عمل کرد در صورتی که در تاریخ های کشت سوم و چهارم این تیمار پرایمینگ بود که بهتر از محلول‌پاشی اسید هیومیک عملکرد غده را بهبود بخشید و البته در تاریخ کشت دوم هر دو تیمار در سطح یکسانی سبب افزایش عملکرد غده شدند (جدول ۶). بنظر می رسد در کشت اول که سطح برگ بیشتری وجود داشته است (شکل ۱) جذب اسید هیومیک نیز بیشتر بوده و مفیدتر از پرایمینگ بذر عمل کرده است. محققین اعلام کردند محلول پاشی ترکیبات آلی هیومیکی باعث بهبود جذب مواد مغذی، محتوای کلروفیل، ویژگی‌های رشد و عملکرد می‌شود (توران و همکاران ۲۰۲۲). اما در دو کشت آخر (سوم و چهارم) پرایمینگ بذر بر اسید هیومیک برتری داشت (جدول ۶) که بنظر می رسد در شرایط تاخیر زیاد در کشت، پرایم کردن با افزودن سرعت استقرار (جوکار و همکاران ۲۰۱۸) مفیدتر بوده است زیرا سطح کم برگها در این هنگام جذب مناسبی از اسید هیومیک ندارد. ناردی و همکاران ۲۰۰۵ گزارش دادند که هیدروپرایمینگ بذور چغندرقند می تواند محتوای کلروفیل کل و میزان فتوسنتز گیاه را افزایش دهد.

جدول۷- جدول مقایسه میانگین اثرات تاریخ کاشت، پرایم بذر و محلول پاشی بر تجمع ماده خشک چغندرقند

تاریخ کاشت	تجمع ماده خشک TDM (g m $^{-2}$)	پرایمینگ بذر	تجمع ماده خشک TDM (g m $^{-2}$)	محلول پاشی	تجمع ماده خشک TDM (g m $^{-2}$)
پنجم فروردین	۱۵۱۹/۴۵^{a}	بدون پرایم	۱۲۰۰/۴۷^{b}	اسپری آب	۱۲۲۱/۸۴^{b}
نوزدهم فروردین	۱۵۶۵/۵^{a}				
دوم اردیبهشت	۱۳۱۸/۰۳^{b}	هیدروپرایمینگ بذر	۱۴۶۳/۳۱^{a}	اسید هیومیک	۱۴۴۱/۸۴^{a}
شانزدهم اردیبهشت	۱۱۳۷/۰۲^{c}				

نتیجه گیری کلی

چغندر قند یک محصول با دوره رشد طولانی می باشد که درمناطقی با اقلیم سرد و کوهستانی مانند شهرستان اسدآباد با وجود روزهای یخبندان بهاره می بایست جهت بهره مندی از محدودیت های زراعی از جمله نور، آب و دمای مناسب در اولین فرصت در اواخر زمستان یا اوایل بهار کشت گردد. تاخیر در کاشت با هدف گریز از سرمای دیررس بهاره باعث هدر رفت منابع پایه تولید از جمله آب و خاک و کارائی پایین در تولید و عملکرد این محصول می گردد. لذا با اتخاذ شیوه های مدیریت صحیح زراعی و بکار گیری تکنیک های کاربردی و کم هزینه ای مانند هیدروپرایمنگ بذر و محلول پاشی اسید هیومیک در کنار تاریخ مناسب کاشت می‌توان سبب افزایش شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد و عملکرد غده چغندرقند شد. بر اساس نتایج، کاربرد همراه با هم پرایمینگ بذر و اسید هیومیک شاخص سطح برگ را حدود ۲۴ درصد افزایش داد و سبب بهبود سرعت رشد نسبی چغندرقند گردید. ماده خشک کل نیز تحت تاثیر پرایم کردن بذر ۲۲ درصد و تحت تاثیر محلول پاشی اسید هیومیک ۱۸ درصد افزایش یافت. در مورد عملکرد غده نیز عوارض تاخیر دو هفته ای کاشت (تاریخ کشت ۱۹ فروردین در برابر ۵ فروردین) بطور کامل با کاربرد همراه با هم هیدروپرایمینگ بذر و محلول‌پاشی اسید هیومیک جبران گردید. بطور کلی کاربرد همراه با هم هر دو تیمار (پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی اسید هیومیک) در تمام تاریخ‌های کشت سودمند بود امادر صورت تاخیر زیاد در تاریخ کشت پرایمینگ بذر سودمندی بیشتری در مقایسه با محلول‌پاشی اسید هیومیک دارد.

سپاسگزاری

مقاله حاضر بخشی از رساله دکتری بوده است که آزمایشهای مربوطه آن در شهرستان اسدآباد با حمایت دانشگاه بوعلی سینا انجام گردیده است. به این وسیله نویسندگان مقاله از دانشگاه مذکور تشکر و قدردانی می نمایند.

منابع مورد استفاده

Abdollahian-Noghabi, M. 2000. The effect of drought stress and re-irrigation on the dry matter partitioning of three sugar beet cultivars. The 6th Iranian Crop Science Congress Proceeding, University of Mazandaran, Iran. (in Persian).

Aguiar NO, Olivares FL, Novotny EH, and Canellas LP. 2018. Changes in metabolic profiling of sugarcane leaves induced by endophytic diazotrophic bacteria and humic acids. PeerJ, 6, e5445. https://doi.org/10.7717/peerj.5445

Azevedo IG, Olivares FL, Ramos AC, Bertolazi AA, and Canellas L P. 2019. Humic acids and Herbaspirillum seropedicae change the extracellular H+ flux and gene expression in maize roots seedlings. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 6(1), 1-10. https://doi.org/10.1186/s40538-019-0149-0

Bezhin A, Hans-Joachim Santel A, and Roland Gerhards AA. 2018. The Effect of sugar beet seed priming on sugar beet yield and weed suppressive ability Kostyantyn. Journal of Plant Sciences, 6(4), 146-156. https://doi.org/ 10.11648/j.jps.20180604.15

Bagheri Shirvan M, Asadi GA, and Koocheki A. 2020. Evaluation of quantity and quality characteristics of sugar beet varieties in different sowing date of direct sowing and transplanting in Shirvan and Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research, 17(4), 551-565. (in Persian). https://doi.org/10.22067/gsc.v17i4.76512

Çınar VM. and Ünay A. 2021. The effects of some biofertilizers on yield, chlorophyll index and sugar content in sugar beet (Beta vulgaris var. saccharifera L.). Journal of Agriculture Faulty of Ege University, 58(2), 163-170. http://doi.org/10.20289/zfdergi.714633

Dawood MG. 2018. Stimulating plant tolerance against abiotic stress through seed priming. In Advances in seed priming (pp. 147-183). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0032-5_10

Dolatparast B, Hosseinpanahi F, Siosemardeh A, and Mansory H. 2023. Evaluation of the effect of different irrigation and nitrogen fertilizer levels on growth indices and grain yield of winter oilseed rape (Brassica napus L.) in drip irrigation method. Journal of Crops Improvement, 25, 33-49. (in Persian). https://doi.org/10.22059/jci.2022.335869.2658

Dotto L, and Silva VN. 2017. Beet seed priming with growth regulators. Semina: Ciências Agrárias, 38(4), 1785-1798. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4p1785

El-Hassanin AS, Samak MR, Moustafa N, Shafika AM, Khalifa N, and Ibrahim-Inas M. 2016. Effect of foliar application with humic acid substances under nitrogen fertilization levels on quality and yields of sugar beet plant. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 5(11), 668-680. http://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.511.078

Esmaili A, and Tadayon MR. 2019. Influence of drought stress and humic acid on growth, yield and sugar production of sugar beet. Journal of Agroecology, 11(1), 185-198. (in Persian). http://doi.org/10.22067/JAG.V11I1.62811

Food and Agriculture Organization (FAO). 2020. The FAOSTAT Database. Available at Web site http://faostat.fao.org/default.aspx.

Farajzadeh-Memari-Tabrizi E, and Ghotbi A. 2018. Evaluation of seed priming with different nutrient solutions at different levels of water stress on the physiological characteristics and performance of sugar beet of genetic monocot seed variety. Environmental Stresses in Crop Sciences, 11, 117-126. (in Persian). https://doi.org/10.22077/escs.2017.160.1040

García AC, Santos LA, de-Souza LG A, Tavares OCH, Zonta E, Gomes ETM, and Berbara RLL. 2016. Vermicompost humic acids modulate the accumulation and metabolism of ROS in rice plants. Journal of Plant Physiology, 192, 56-63. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.01.008

Gobarah ME, Hussein MM, Tawfik MM, Ahmed AG and Mohamed MF. 2019. Effect of different sowing dates on quantity and quality of some promising sugar beet (Beta vulgaris L.) varieties under North Delta, condition. Egyptian Journal of Agronomy, 41, 343–354. https://doi.org/10.21608/agro.2019.20126.1197

Hoffmann-Christa M. 2019. Importance of canopy closure and dry matter partitioning for yield formation of sugar beet varieties. Field Crops Research, 236, 75–84. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.03.013

Hunt R. 2017. Growth analysis, individual plants. In: Thomas, B., Murray, B.G., Murphy, D.J. (Eds.), Encyclopedia of Applied Plant Sciences, Second edition. Academic Press, Oxford, pp. 421–429. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807- 6.00226-4

Jákli B, Hauer-Jákli M, Böttcher F, Meyer-zur-Müdehorst J, Senbayram M, and Dittert K. 2018. Leaf, canopy and agronomic water use efficiency of field grown sugar beet in response to potassium fertilization. Journal Agronomy and Crop Science, 204, 99–110. https://doi.org/10.1111/jac.12239

Jokar M, Armin M, Jami-moini M. 2018. The effect of priming on reducing the effects of Epirus herbicide residues in sugar beet. Seed Research Journal, 9(2), 1-12. (in Persian).

Kandil A, Sharief A, and Fathalla F. 2013. Onion yield as affected by foliar application with amino and humic acids under nitrogen fertilizer levels. ESci Journal of Crop Production, 2, 62-72.

Kaya CN, Akram MA, and Sonmez O.2018. Exogenous application of humic acid mitigates salinity stress in maize (Zea mays L.) plants by improving some key physico-biochemical attributes. Cereal Research Communications 46(1), pp. 67–78. https://doi.org/10.1556/0806.45.2017.064

Mekdad AAA, Rady MM, Ali EF, Hassan FAS. 2021. Early sowing combined with adequate potassium and sulfur fertilization: promoting Beta vulgaris (L.) yield, yield quality, and K- and S-use efficiency in a dry saline environment. Agronomy, 11(4), 806. https://doi.org/10.3390/agronomy11040806

Milford GFJ. 2006. Plant structure and crop physiology. Pp. 30–49. In: Philip Draycott A. (eds). Sugar Beet. Wiley online liberary. https://doi.org/10.1002/9780470751114.ch3

Mosavikia AA, Mosavi SG, Seghatoleslami M, and Baradaran R. 2020. Chitosan nanoparcicle and pyridoxine seed priming improves tolerance to salinity in milk thistle seedling. Noculae Bocanicae Horti Agrobocanici Cluj-Napoca, 48, 221-233. https://doi.org/10.15835/nbha48111777

Mohammad-zadeh Z, Soltani A, Noruzi HA, and Bazrgar AB. 2021. Modeling of sugar beet yield gap and potential in Iran. Sugar Beet, 36(1), 27-46. (in Persian). https://doi.org/10.22092/jsb.2021.352324.1255

Mohammadian R. 2016. Effect of sowing date and defoliation intensity on root yield and quality of sugar beet (Beta vulgaris L.). Iranian Journal of Crop Sciences, 18(2), 88-103. (In Persian). http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1395.18.2.1.2

Naderi MR, Nour-mohammadi G, Majidi I, Darvish F, Shirani-rad AH, and Madani H. 2005. Evaluation of summer safflower reaction to different intensities of drought stress at Isfahan region. Iranian Journal of Crop Sciences, 7 (3), 212-225. (in Persian).

Nemeat-Alla HEA, El-Gamal ISH, and El-Safy NK. 2021. Effect of potassium humate and boron fertilization levels on yield and quality of sugar beet in sandy soil. Alexandria Science Exchange Journal, 42, 395-405. https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2021.171635

Nosrat N, Morteza G, and Rezaei J. 2020. Effect of N fertilizer and growth stimulating bacteria on growth traits of sugar beet (Beta vulgaris L.) under delayed sowing condition. Journal of Crop Ecophysiology, 14(3), 381-400. (in Persian). https://doi.org/10.22055/ppd.2020.30457.1811

Lemaire S, Maupas F, Cournède PH, and Reffye PD. 2009. A morphogenetic crop model for sugar-beet (Beta vulgaris L.). Pp. 116-129. In: Cao W, White JW and Wang E. Crop modeling and decision support. Springer, Berlin, Heidelberg.

Lowry CJ, and Smith RG. 2018. Weed control through crop plant manipulations. Pp. 73–96. In: Non chemical weed control. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12- 809881-3.00005-X

Pedram A, Tajbakhsh M, Fathollah-Taleghani D, and Ghiyasi M. 2017. Sugar beet quantitative and qualitative yield related traits as affected by different seed priming treatments. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 11(2), 13-18.

Puglisi I, Barone V, Fragalà F, Stevanato P, Baglieri A, and Vitale A. 2020. Effect of microalgal extracts from Chlorella vulgaris and Scenedesmus quadricauda on germination of Beta vulgaris seeds. Plants, 9(6), 675. https://doi.org/10.3390/plants9060675

Ramos AC, Olivares FL, Silva LS, Aguiar NO, Canellas LP. 2015. Humic matter elicits proton and calcium fuxes and signaling dependent on Ca2+-dependent protein kinase (CDPK) at early stages of lateral plant root development. Chemical and Biological Technology Agriculture, 1, 1–12. https://doi.org/10.1186/s40538-014-0030-0

Rahmani M, Aboutalebian MA. 2021. Response of tuber yield and some physiological growth indices of potato to phosphate and mycorrhizae under moisture stress. Journal of Crop Production and Processing, 11(3), 35-49. (In Persian). http://dx.doi.org/10.47176/jcpp.11.3.26307

Ramberg HA, Bradley JC, Olson JSC, Nishio JN, Markwell J, and Osterman JC. 2002. The role of methanol in promoting plant growth: An update. Review Plant Biochemistry Biotechnology, 1(2), 113-126.

Rehman H, Iqbal H, Basra SM, Afzal I, Farooq M, Wakeel A, and Ning WANG. 2015. Seed priming improves early seedling vigor, growth and productivity of spring maize. Journal of Integrative Agriculture, 14(9), 1745-1754. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)61000-5

Rinaldi M and Vonella AV. 2006. The response of autumn and spring sown sugar beet (Beta vulgaris L.) to irrigation in Southern Italy: Water and radiation use efficiency. Field Crops Reserch.95:103-114. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.12.004

Sadrabadi Haghighi R, Amir moradi Sh, and Mirshahi A. 2011. Investigation of growth analysis of conventional and commercial sugar beet (Beta vulgaris) varieties at delayed planting date in Chenaran (Khorasan Razavi Province). Iranian Field Crop Research, 9(3), 505-513. (In Persian). https://doi.org/10.22067/gsc.v9i3.11999

Sharma A, Antha R. 2016. Humic substances in aquatic ecosystems: A Review. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 5(10), 18462–18470. http://dx.doi.org/10.15680/IJIRSET.2016.0510051

Soleymani A, Khajehpour MR, Nourmohammadi G, and Sadeghian Y. 2003. Effects of planting date and pattern on some physiological growth indices of sugar beet. Journal of Agricultural Sciences, 9(1), 105-124. (In Persian).

Turan M, Melek-Ekinci M, Kul R, Kocaman A, Argin S, Zhirkova AM, Irina V, Perminova IV, and Yildirim E. 2022. Foliar applications of humic substances together with Fe/Nano Fe to increase the iron content and growth parameters of spinach (Spinacia oleracea L.). Agronomy, 12, 2044. https://doi.org/10.3390/agronomy12092044

Varga I, Loncaric Z, Kristek S, Markulj-Kulundzic A, Rebekic A, and Antunovic M. 2021. Sugar beet root yield and quality with leaf seasonal dynamics in relation to planting densities and nitrogen fertilization. Agriculture, 11(5), 407. https://doi.org/10.3390/agriculture11050407

Waqas M, Ahmad B, Arif M, Munsif F, Khan AL, Amin M, Kang SM, Kim YH, Lee J. 2014. Evaluation of humic acid application methods for yield and yield components of mung bean. American Journal of Plant Sciences, 5, 2269-2276. http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.515241